

Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

Salta, 23 de Mayo de 2.003

163/03

Expte. N° 14.111/99

VISTO:

La presentación efectuada por el Ing. Horacio R. Flores, Profesor a cargo de la asignatura **Optativa II (Beneficio de Minerales)** mediante la cual eleva el programa analítico, su bibliografía y el reglamento interno del régimen de promoción de dicha asignatura; teniendo en cuenta que los mismos corresponden al Plan de Estudio 1.999 y se ajustan a los contenidos sintéticos programados en la currícula; atento que la documentación tiene la anuencia de la Escuela de Ingeniería Química, y de la Comisión de Asuntos Académicos mediante Despacho N° 120/02 y en uso de las atribuciones que le son propias,

EL H. CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
(en su sesión ordinaria del 26 de Junio de 2.002)

### RESUELVE

ARTICULO 1°.- Aprobar y poner en vigencia a partir del período lectivo 2.002 el programa analítico, la bibliografía y el reglamento interno del régimen de promoción de la cátedra, para la asignatura (Código Q-34) **OPTATIVA II (BENEFICIO DE MINERALES)** del Plan de Estudio 1.999 de la carrera de Ingeniería Química, propuesto por el Ing. Horacio R. FLORES, Profesor a cargo de la cátedra.

ARTICULO 2°.- Hágase saber, comuníquese a Secretaría Académica, al Ing. Horacio R. FLORES y siga por la Dirección Administrativa Académica a los Departamentos Docencia y Alumnos para su toma de razón y demás efectos.

mv.



Ing. HECTOR PAUL CASADO  
SECRETARIO  
FACULTAD DE INGENIERIA



Ing. JORGE FELIX ALMAZAN  
BECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA



**Materia: OPTATIVA II ( BENEFICIO DE MINERALES) Código: Q-34**

**Profesor: Ing. Horacio R. FLORES**

**Carrera: Ingeniería Química**

**Plan: 1.999**

**Año: 2.002**

**Res. N°: 163/03**

(2do cuatrim, 5to año, 6 hs/sem: total = 90 hs, correlativa: Optativa I). 2 parciales

### PROGRAMA ANALÍTICO

#### 1. HIDROMETALURGIA. (2 T + ½ C)

Lixiviación. Objeto. Reactivos. Métodos empleados para lixiviar minerales. Lavado de los sólidos residuales. Recuperación del metal contenido en el producto lixiviado: precipitación química, electrólisis, intercambio iónico, extracción con solventes. Ejemplos de plantas de lixiviación.

Electrometalurgia. Procesos electroquímicos. Aplicación en la separación y purificación de metales. Celdas electrolíticas. Relación entre la producción de una celda y la intensidad de corriente que circula por ella. Voltaje requerido y consumo de energía eléctrica de una celda reversible. Operación de una celda real: fenómenos de polarización, deposición metálica, sobrevoltaje de hidrógeno, eficiencias. Plantas electroquímicas: tipos de celdas, materiales, electrodos, baterías de celdas. Variables que controlan la operación de una celda.

#### 2. PIROMETALURGIA (2 T + ½ C)

Procesos pirometalúrgicos. Clasificación. Aplicaciones en la metalurgia extractiva. Procesos con reacciones gas-sólido: calcinación y tostación, distintos tipos, ejemplos, equipos utilizados. Diagramas de Ellingham.

Procesos con reacciones líquido-líquido: fusión. Fundentes utilizados. Escorias: propiedades, índice de basicidad. Matas. Ejemplos de procesos de fusión.

Procesos con reacciones gas-líquido: refinación de metales fundidos. Ejemplos.

Hornos. Clasificación según la fuente de energía. Materiales de construcción: refractarios. Hornos de combustión: tipos, usos, descripción, funcionamiento. Horno de lecho fluidizado: descripción, aplicaciones. Hornos eléctricos: clasificación, descripción y principios de funcionamiento, usos.

#### 3. SIDERURGIA (2 T + ½ C)

Productos siderúrgicos. Materias primas no ferrosas: combustibles y reductores, fundentes y escorificantes, oxidantes para afinado, desoxidantes y aleantes especiales. Minerales, yacimientos, tratamiento.

Procesos de aglomeración: sinterización, peletización, briqueteado.

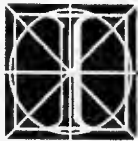
Alto Horno: descripción, funcionamiento, reacciones, instalaciones auxiliares.

Aceros: reacciones de afinado, procedimientos, descripción de equipos, colada de acero.

Reducción directa: reductores, procesos en operación.

#### 4. COBRE (2 T + ½ C)

Minerales, yacimientos, concentración.



Metalurgia por vía húmeda, métodos, recuperación de  $\text{Cu}^\circ$  a partir de sus soluciones.  
Metalurgia por vía seca: tostación, fusión para mata, conversión, refinación, equipos empleados.

Refinación

#### 5. ALUMINIO (1 T + 1/2 C)

Principales minerales. Características de la metalurgia extractiva.

Obtención de alúmina: proceso Bayer.

Electrometalurgia del aluminio: baño electrolítico, electrodos, celdas electrolíticas.

Refinación.

#### 6. OTROS METALES (2 T + 1/2 C)

Principales minerales, yacimientos, concentración, extracción y refinación de otros metales de interés: plomo, cinc, estaño, manganeso, oro.

#### 7. MINERALES NO METALÍFEROS (1 T + 1/2 C)

Boratos: minerales, yacimientos, beneficio. Productos del boro: usos, métodos de obtención.

Azufre. Distintas fuentes de obtención, tratamiento y obtención de azufre.

Principales minerales, yacimientos y procesos de obtención de otros productos no metálicos: carbón mineral, cemento portland.

### BIBLIOGRAFÍA

- The Making, Shaping and Treating of Steel.  
U.S.S. Ed. Mc. Graw (1964)
- Metalurgia (Tomos 1 y 2)  
C. Chaussin, G. Hilly. Ed. URMO, Bilbao 1975.
- Extractive Metallurgy of Koper. Biswas.
- Agglomeration of Iron Ores.  
D.F. Ball, J. Dartnell, J. Davison, A. Grieve,  
R. Wild. American Elsevier Pub. Co. N. York 1973.
- Seminario de Beneficio de Minerales de Hierro  
J.A. Boned Sopena. Salta, 1980.
- Beneficio de Minerales de Hierro  
R. Durrer. Ed. Labor, Madrid (1956)
- Uso y Comercialización de Hierro Esponja. ILAFA 1975
- Reducción directa 1975 (Tomo 1. Procesos). ILAFA 1975
- Chemical Technology. An Encyclopedic Treatment (Vol.3). J.F. Van Oss. Barnes S.  
Noble N. York
- SME Mineral Processing Handbook (Vol. 2)  
N.L. Weiss. AIME New York 1985.

### CONTENIDOS MINIMOS

Propiedades magnéticas de los minerales: separación magnética.

Flotación por espuma: fisicoquímica de la flotación, reactivos, plantas de flotación.

Hidrometalurgia: lixiviación de minerales y recuperación del metal.



Universidad Nacional de Salta

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA  
T.E. (0387) 4255420 - FAX (54-0387) 4255351  
REPUBLICA ARGENTINA  
E-mail: unsaing@unsa.edu.ar

-4-

Electrometalurgia. Pirometalurgia: principales procesos, hornos de combustión y eléctricos.

Descripción de los principales procesos de la industria minero-metalúrgica.

### **INSERCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE "BENEFICIO DE MINERALES" EN EL PLAN DE ESTUDIOS**

El Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Química, aprobado por Resolución 422-98 del H.C.S. de la UNSa, se compone de 36 materias agrupadas en áreas de temática afín, a saber: Básica General (12 asignaturas), Básica Específica (5 asignaturas), Profesional General (4 asignaturas), Profesional Específica (13 asignaturas) y el Area de Orientaciones (2 asignaturas). En esta última el alumno tiene la posibilidad de elegir entre tres alternativas: Beneficio de Minerales, Petroquímica e Industria de los Alimentos.

Las materias Optativa I y Optativa II del ciclo de Orientaciones se cursan en el quinto año de la carrera, con régimen cuatrimestral (en el 1er y 2do cuatrimestre, respectivamente), carga horaria de 6 horas semanales, estimándose un total de 15 semanas útiles. Tienen como correlativa precedente la aprobación de la asignatura Procesos Industriales (correlativa de Optativa I) y Optativa I (correlativa de Optativa II) de la orientación elegida y se cursan simultáneamente con las asignaturas siguientes:

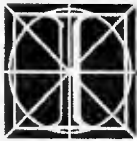
- para Optativa I: Diseño de Procesos, Diseño Mecánico de Equipos y Optimización de Procesos.
- Para Optativa II: Proyecto Industrial, Instalaciones Eléctricas, Gestión Ambiental y Organización y Administración Industrial"

que, en conjunto, imponen al alumno una dedicación de 24 horas semanales, en cada cuatrimestre.

### **OBJETIVOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

La Ingeniería Química es aquella rama de la ingeniería relacionada con los procesos de fabricación que implican cambios físicos, químicos o biológicos de los materiales tratados, los cuales se resuelven en una serie coordinada de operaciones unitarias y procesos unitarios.

Se consideran operaciones unitarias las transformaciones industriales que implican cambios físicos del material y como procesos unitarios aquellas que involucran cambios químicos tales como oxidación, reducción, combustión, fermentación calcinación, etc. La Ingeniería Química hace uso de estos procesos y operaciones coordinándolos, con el fin de integrar un todo único que realiza los cambios físicos y/o químicos que transforma la materia prima en el producto deseado. Por esto, toma de la Física, la Química y la Biología para estudiar dichas transformaciones y controlar la influencia de las distintas variables que intervienen. De esta manera, la Ingeniería Química planea los procesos y operaciones unitarias, su encadenamiento y desarrollo, de manera que sea posible su implementación a gran escala, fijando los criterios de calidad, calculando los equipos y estableciendo los balances de energía, de materia y económicos, indispensables para el industrial.



Toda vez que la producción industrial es una transformación de la materia prima en un producto de valor comercial, resulta necesario también al Ingeniero Químico tener presentes los factores económicos y financieros que, en definitiva, rigen toda actividad industrial. En una materia terminal como Optativa II, también adquiere relevancia la próxima integración del estudiante a su quehacer profesional. El artículo 3 de la ley que reglamenta el ejercicio profesional de la Ingeniería en la Provincia de Salta es ampliamente ejemplificativo de las incumbencias fijadas para el egresado de esta carrera.

### PROGRAMA DE LAS ASIGNATURAS, OBJETIVOS Y CONTENIDO

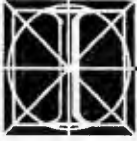
El Plan 1999 de la carrera de Ingeniería Química asigna a las materias Optativas I y II (Beneficio de Minerales) un total de 180 horas cátedra y un contenido mínimo que explicita genéricamente los temas a tratar. Queda así a criterio del profesor de la materia la asignación horaria para el dictado de los temas teóricos y para la ejecución de los trabajos prácticos, así como el análisis, selección y organización de los contenidos de cada tema, el seguimiento del proceso enseñanza-aprendizaje, la elección de los procedimientos o técnicas de trabajo a emplear, criterios estos que, en definitiva, caracterizan a la cátedra. No obstante, debe recalcar que las Optativas I y II sobre Beneficio de Minerales están relacionadas a las asignaturas Operaciones Unitarias y Servicio Auxiliares, de quienes se nutre y fundamenta. Con menor intensidad se encuentra ligada también a la asignatura Procesos Industriales en la que se brindan, entre otros, los conceptos y lineamientos generales de aplicación en el Beneficio de Minerales.

El ciclo de Beneficio de Minerales, como un todo, se encara basándose en las siguientes pautas metodológicas:

- La ubicación temática en la currícula → Contenidos mínimos
- La justificación → Porqué.
- Los objetivos → Para qué.
- El contenido total (programa) → Qué enseñar.
- Las actividades → Cómo.
- La localización física → Dónde.
- Los destinatarios → A quiénes.
- Los recursos → Quiénes y con qué.
- Cronograma → Cuándo.
- Evaluación (del alumno) → Cómo y qué.
- Evaluación (de la cátedra) → Cuestionamiento-replanteo-correcciones metodológicas ... y regreso al primer punto.

La secuencia didáctica de ambas cátedras, expresada como una manera activa y ordenada de llevar a cabo las estrategias de enseñanza, según su finalidad son:

- La introducción-motivación al tema.
- El sondeo de conocimientos previos que el alumno domina.
- Exposición del contenido temático y de su fundamentación teórica.
- Conclusión y conceptualización del tema: consolidación.



- Ejercitación y aplicación. Actividades de evaluación.
- Actividades de recuperación.

Es deseable que este proceso de aprendizaje sea de carácter interactivo (búsqueda y confrontación de ideas), integrador (de los conocimientos ya adquiridos), contenedor (de las expectativas y posibilidades del alumno) y significativo (relación de lo conocido con lo nuevo).

### **CLASES TEÓRICAS: OBJETIVOS Y CONTENIDO**

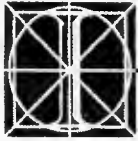
Luego de un panorama global de la industria de procesos (industria química pesada, petroquímica, papel, alimenticia y particularmente del beneficio de minerales y metalurgia) presentada en la materia Procesos Industriales, las asignaturas Optativa I y II dan la descripción y fundamentación teórica de operaciones y procesos empleados en el tratamiento de minerales (incluyendo el diseño de equipos y sus ecuaciones de funcionamiento). Optativa II posee además un objetivo integrador de los conocimientos adquiridos por el alumno, estudiando la aplicación de las técnicas mencionadas al caso específico de la obtención de metales de base (hierro, aluminio, plomo, cinc, cobre, etc.) y de metales o no metales de interés para el país ó la región. El tema Boratos es el de mayor interés local, tanto desde el punto de vista de su beneficio como el del impacto ambiental producido por su procesamiento.

El programa anual analítico de las asignaturas se presenta en el Anexo. Sobre los temas relativos al Tratamiento de Minerales (reducción de tamaño, clasificación, concentración, extracción y refinación) se dan los fundamentos teóricos del tema, se brinda información descriptiva de los equipos empleados, su funcionamiento, condiciones de operación y su integración en circuitos de tratamiento. Luego el estudiante recibe un panorama general referente a los minerales de interés económico, su presentación en la naturaleza, yacimientos, producción y consumo del producto metalúrgico. Este panorama debe ser informativo del estado actual de desarrollo industrial del país y de los principales productores mundiales. Se exponen en forma crítica las distintas alternativas de concentración del mineral, para finalmente detallar y fundamentar las características de la metalurgia extractiva del producto, descriptiva de las plantas y procesos existentes. En este contexto, las probables fuentes de polución ambiental o de contaminación del ambiente de trabajo son resaltadas y comentadas al tratar la operación y/o proceso que las provoca.

### **TRABAJO PRÁCTICO: METODOLOGÍA Y OBJETIVOS**

El alumno que ingresa al 5to y último año de la carrera y cursa las asignaturas sobre Beneficio de Minerales posee características distintivas que deben tenerse presentes a la hora de adoptar una orientación y metodología de dictado de la materia. Para enumerar algunas:

- Ha estudiado ya en profundidad cada una de las operaciones y procesos de la ingeniería química.
- Realizaron su primer contacto cuasi profesional con el medio a través de su práctica de fábrica, durante los meses de verano, en una planta industrial afín a la orientación



elegida.

- Han realizado numerosas visitas a plantas e instalaciones industriales y poseen ya fundadas expectativas, motivaciones, inquietudes e ideas innovadoras que desean mostrar y probar, pues visualizan ya un final de meta no lejano.

Por estas razones se implementó un sistema de trabajos prácticos intensivo en el que se discute y determina con el alumno un plan de actividades a ejecutar por grupos de preferentemente dos estudiantes, durante un periodo aproximado de dos meses y medio, sin interrupción por parciales o dictado de clases teóricas y manteniendo una continuidad de trabajo adecuada (compatible con las exigencias de su currícula). Se trasmite al alumno la idea de que, partiendo de una base mínima exigible, el alcance, la profundidad y en suma el nivel mismo de su trabajo será privativo de su propia capacidad de decisión, responsabilidad y dedicación. Se pretende brindar al futuro ingeniero la posibilidad de realizar una práctica en la que puedan:

- Presentar o elegir un tema de trabajo (dentro de las posibilidades y alternativas ofrecidas por la cátedra), orientado al estudio, adaptación, mejora o desarrollo de técnicas de beneficio de minerales que resulten, preferiblemente, de interés para la región.
- Fijar el o los objetivos del estudio. Plantear y discutir su plan de trabajo. Determinar las variables a estudiar y sus niveles. Programar la experimentación, su implementación, tiempo y forma y los requerimientos en cuanto a equipos, materiales, instrumental, técnicas, tiempo, etc.
- Contar con la infraestructura y apoyo técnico-científico adecuados.
- Participar en la operación y manejo de equipos de planta piloto. Acceder al empleo de instrumental o equipamiento de mayor complejidad.
- Redactar su informe. Presentar, exponer y discutir los resultados alcanzados y defender sus conclusiones.

Esta metodología resulta factible mediante una adecuada asignación horaria a los temas teóricos, que fije su intensidad de dictado en función de las reales necesidades curriculares. Temas de alta especificidad se reservarán para una etapa posterior, en cursos de perfeccionamiento, de actualización o de post-grado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

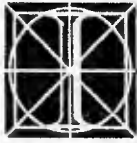
Sin desechar la bibliografía en español, se pretende orientar e incentivar el manejo de libros de texto, publicaciones y folletería en otros idiomas (preferentemente inglés). La bibliografía se adjunta al programa de la asignatura.

## **ACTIVIDADES ACADÉMICAS**

Distribución horaria (3 hs por clase o práctica)

En virtud de lo expuesto en ítem anterior se asignan, en principio:

- Para Optativa I: 12,5 clases para el desarrollo de los temas teóricos y 10 clases para la ejecución del trabajo práctico. Las 7,5 clases restantes son empleadas en coloquios (3,5), parciales (2) y su recuperación (2).
- Para Optativa II: 12 clases para el desarrollo de los temas teóricos y 19,5 clases



para la ejecución del trabajo práctico. Las 8,5 clases restantes son empleadas en coloquios (3,5), presentación y discusión del trabajo práctico (1), parciales (2) y su recuperación (2).

A las actividades expuestas debe agregarse un viaje de estudios para visitar una planta de tratamiento de minerales. Previo a la partida el estudiante recibe una clase informativa que incluye, en lo posible, el diagrama de flujo de la planta en cuestión, permitiendo con ello un mejor aprovechamiento del siempre escaso tiempo que el jefe de turno destina a una recorrida en planta.

### **PLAN DE FORMACIÓN DOCENTE**

El área de orientación "Beneficio de Minerales" está integrada por dos docentes que, indistintamente, dictan temas en cualquiera de las tres asignaturas del ciclo. Ellos son:

- un profesor adjunto D.S. responsable del dictado de Optativa I.
- un profesor titular plenario D.E. responsable del dictado de Optativa II.

El plantel requiere evidentemente de un auxiliar docente que se desempeñe en régimen de dedicación exclusiva a fin de trabajar (y formarse) en las dos asignaturas.

La formación-perfeccionamiento de los docentes del área se ve facilitada por ser ellos también integrantes del Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI), donde realizan su actividad de investigación en temas totalmente afines al docente. Paralelamente se realizan, también a través del INBEMI, prestación de servicios a terceros y tareas de apoyo al medio.

La asistencia a reuniones científicas de la especialidad, la presentación de trabajos en congresos o jornadas, la asistencia a cursos o seminarios de perfeccionamiento, entre otros, son de recíproco interés para la universidad, el instituto y el docente-investigador; la concurrencia a tales eventos coadyuvan a la formación-perfeccionamiento de estos últimos y son efectuados por los integrantes del área con la periodicidad que sus actividades y medios disponibles lo permiten.

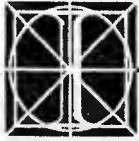
### **ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN**

#### **Plan de investigación**

Siendo el suscrito miembro de la carrera del investigador del CONICET, el plan de investigación se realiza en el marco de la especialización elegida (Tratamiento de minerales). Las tareas a desarrollar durante el periodo 2002/3 son sobre el tema Boratos, en proyecto PICT'99 N° 07-07464 financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica; un becario de postgrado de la Agencia realiza su tesis doctoral con este tema, mientras que el Consejo de Investigación de la UNSa contribuye al proyecto con parte de los gastos de funcionamiento (Proy. CIUNSa N° 937).

  
Ing. Horacio R. FLORES





## REGLAMENTO INTERNO

<b>Materia:</b>	<b>OPTATIVA II (Beneficio de Minerales)</b>	<b>Cód.:</b>	<b>Q-34</b>
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Química</b>	<b>Plan:</b>	<b>1.999</b>
<b>Profesor:</b>	<b>Ing. Horacio R. FLORES</b>		
<b>Año:</b>	<b>2.002</b>	<b>Res. N°:</b>	<b>163/03</b>

Dictado: Cuatrimestral (2do. cuatrimestre del 5to año)  
Carga horaria: 6 hs/semana (3 hs/clase)  
Duración: 15 semanas efectivas

### Requisitos mínimos para la promoción

Se requiere:

1. Obtener un puntaje final igual o superior a 70 puntos.
2. Asistir y aprobar el 100% de los trabajos prácticos.
3. Efectuar el 100 % de las presentaciones previstas en ítem b).
4. Tener un puntaje mínimo de 40 puntos en cada parcial.

El puntaje final se determinará en función de las siguientes evaluaciones:

**a) Parciales:** se realizarán dos (2) evaluaciones parciales sobre aspectos teóricos y/o prácticos. La nota final por este ítem, promedio de la obtenida en los 2 parciales, tendrá un factor de ponderación de 0,60 en el valor de la nota final. Cada parcial tendrá un examen de recuperación optativo, cuya nota será la única determinante de la calificación del parcial.

**b) Cumplimiento de tareas:** serán evaluadas a través de la presentación de informes, monografías, búsquedas bibliográficas y/o tareas de investigación sobre un tema específico. Complementaria a la entrega en tiempo y forma del 100% de esas presentaciones, la cátedra puede considerar una nota conceptual que contemple la dedicación, asistencia y trabajo individual del alumno. La calificación se hará con una única nota, en una escala de 0 a 100, la que tendrá una ponderación de 0,30 en el valor de la nota final.

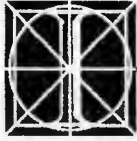
**c) Evaluaciones por temas:** el alumno deberá aprobar el 100% de los cuestionarios, orales o escritos, que se realizarán al inicio o fin de las clases teóricas ó trabajos prácticos previstos en el cronograma de la materia. La calificación de cada tema se hará en escala de 0 a 100, con una única recuperación para evaluaciones con nota inferior a 50. La nota del ítem, obtenida promediando las evaluaciones sobre cada tema, tendrá un factor de ponderación de 0,10 en el valor de la nota final.

### Puntaje final. Resultados.

El puntaje final se calcula mediante la ecuación:

$$N = 0,60 \text{ Nota promedio de a) } + 0,30 \text{ Nota promedio de b) } + 0,10 \text{ Nota promedio de c)}$$

- Con 0 a 39 puntos el alumno queda **LIBRE** y deberá cursar la materia nuevamente.



- Con 40 a 69 puntos el alumno **NO PROMOCIONA LA MATERIA** y pasa a una etapa de recuperación durante el período de receso académico.
- Con 70 o más puntos el alumno **PROMOCIONA LA MATERIA**.

#### **Periodo de Recuperación**

Los alumnos que obtuvieron una nota final entre 40 y 59 puntos rendirán un examen global de la materia, mientras que aquellos que alcanzaron una nota final entre 60 y 69 puntos rendirán un examen sobre los temas y contenido que la cátedra indicará en cada caso. La fecha de estos exámenes será fijada dentro del periodo de receso. Para promocionar la asignatura en esta etapa recuperadora, el alumno deberá obtener una calificación (R) de 70 puntos o más.

#### **Calificación final**

La calificación final será un **PROMEDIO** entre la nota obtenida en la etapa normal de cursado (N) y la obtenida en la etapa de recuperación (R). Se dará en escala de 0 a 10, dividiendo dicho promedio por diez y redondeando al entero más cercano.

Ing. Horacio R. FLORES